

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 632 995 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 94109424.5

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **A61B 6/14, A61B 6/00**

(22) Anmeldetag: 17.06.94

(30) Priorität: 06.07.93 DE 4322483  
30.05.94 EP 94108334

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
11.01.95 Patentblatt 95/02

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
DE FR IT SE

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
Wittelsbacherplatz 2  
D-80333 München (DE)

(72) Erfinder: Franetzki, Manfred, Dr.-Ing.  
Dipl.-Phys.  
Nussallee 9  
D-64625 Bensheim (DE)  
Erfinder: Günther, Werner, Ing. grad.  
Fichtestrasse 19  
D-64625 Bensheim (DE)  
Erfinder: Plötz, Josef, Dr. rer. nat. Dipl.-Phys.  
Hauptstrasse 17  
D-64625 Bensheim (DE)

(54) Zahnärztliche Röntgendiagnostikeinrichtung.

(57) Es wird eine zahnärztliche Röntgendiagnostik-einrichtung zur Erstellung von tomosynthetischen Aufnahmen von Objekten, insbesondere vom Schädel eines Patienten, vorgeschlagen, unter Verwendung eines Panorama-Aufnahmegerätes mit einem Röntgenstrahler (3) und einer diametral gegenüber dem Strahler angeordneten Aufnahmeeinheit (4). Die Einrichtung enthält Mittel (D1), die es erlauben, den Röntgenstrahler definiert in der Höhe zu verstellen und sowohl um eine senkrechte als auch waagerechte Achse derart zu verschwenken, daß ein Objektpunkt aus mehreren, vorzugsweise in unterschiedlichen Ebenen liegenden Projektionsrichtungen durchstrahlt wird.

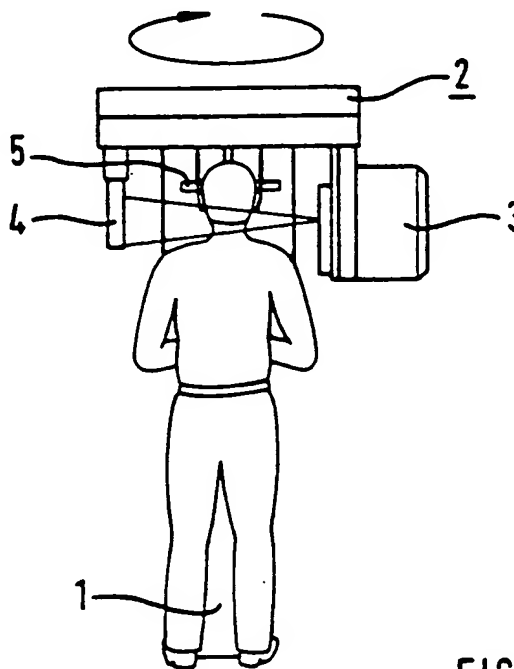


FIG 1

Die Erfindung bezieht sich auf eine zahnärztliche Röntgendiagnostikeinrichtung zur Erstellung von tomosynthetischen Bildern von Objekten eines Patienten.

Bei der Tomosynthese wird ein Objekt aus verschiedenen Projektionsrichtungen durchstrahlt und danach die entstehenden 2D-Bilder in einem Rechner zu Schichtaufnahmen und 3D-Bildern verarbeitet. Die Aufnahme der Bilder kann in herkömmlicher Weise auf Filmmaterial erfolgen oder auch über elektronische Bildwandler (Röntgenbildverstärker, CCD-Kamera oder Digitalkamera auf Basis von amorphem Silizium).

Der im Anspruch 1 angegebenen Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine zahnärztliche Röntgendiagnostikeinrichtung anzugeben, mit der es möglich ist, mit relativ geringem Aufwand tomosynthetische Aufnahmen erstellen zu können. Die Erfindung fußt auf der Erkenntnis, die wesentlichen Komponenten in der Orthopanthomographie und in der Cephalometrie bekannten Geräte zu nutzen und durch geeignete Zusatzelemente so zu modifizieren, daß die vorgenannten Aufnahmen mit geringem Aufwand zu erstellen sind. Eine weitere Zielsetzung liegt in der Abwandlung eines Panorama-Röntgengerätes zum Zwecke der Erzeugung von Fernröntgenbildern des Schädels herkömmlicher Art, d.h. Darstellung der Summenabsorption bei kompletter Durchstrahlung des Schädels unter Verwendung tomosynthetischer Rechenverfahren.

Hinsichtlich des Aufbaus herkömmlicher Panorama(PAN)-Röntgenaufnahmeverrichtungen sowie Vorrichtungen zur Erstellung von Schädelaufnahmen (Ceph-Aufnahmen) wird auf die EP-A-0 229 308 verwiesen.

Anhand der Figuren 1 bis 11 der Zeichnung wird zunächst der Grundaufbau verschiedener Varianten beschrieben, mit denen sich Röntgenaufnahmen ohne Film und Filmkassette erstellen lassen. Die darauffolgenden Figuren 12 bis 17 zeigen Modifikationen dieser Ausführungsformen, mit denen sich mit relativ geringem Aufwand die eingangs genannten tomosynthetischen Röntgenaufnahmen erstellen lassen.

Die Figur 1 zeigt in einer Prinzipdarstellung ein zahnärztliches Röntgendiagnostikgerät zur Erstellung von Panorama-Schichtaufnahmen, nachfolgend kurz mit PAN-Aufnahmen bezeichnet. Das Gerät enthält eine in der Höhe verstellbare Tragsäule 1, an der eine Dreheinheit 2 gehalten ist, die Träger einerseits einer Röntgenstrahlenquelle 3 und andererseits diametral dazu einer Röntgenzeilenkamera 4 ist. Mit 5 ist eine (erste) Kopfhalte- und Positioniereinrichtung bezeichnet, mit der in bekannter Weise der Patientenkopf in einer definierten Position fixiert werden kann. Aufbau sowie Verstellmöglichkeiten der Dreheinheit und der Kopfhalte- und Positioniereinrichtung sind bekannt

und beispielsweise in der EP-0 229 308 beschrieben.

Die Figur 2 zeigt das gleiche Grundgerät, bestehend aus höhenverstellbarer Tragsäule 1, Dreheinheit 2 und Röntgenstrahler 3, ergänzt jedoch durch eine am Gerät adaptierbare Vorrichtung, mit der sich Schädelernaufnahmen, nachfolgend kurz Ceph-Aufnahmen, erstellen lassen. Bevor die genannte Vorrichtung näher erläutert wird, sei noch erwähnt, daß die Tragsäule 1 mittels eines Antriebes D1 in der angegebenen Pfeilrichtung höhenverstellbar ausgebildet ist, daß weiterhin in bekannter Weise die Dreheinheit 2 mittels eines oder mehrerer Antriebe D2 gedreht und geschwenkt werden kann, um eine PAN-Aufnahme machen zu können. Einzelheiten hierzu ergeben sich aus der bereits genannten EP-0 229 308.

Die Figur 3 zeigt die vorgenannte Vorrichtung zur Erstellung von Ceph-Aufnahmen in einer schaubildlichen Darstellung.

Am höhenverstellbaren Teil 1a der Tragsäule 1 (Fig. 2) ist ein Auslegerarm 6 befestigt, der eine (zweite) Kopfhalte- und Positioniereinrichtung 7 trägt. Der Auslegerarm 6 umfaßt ein Gehäuse 8, an dem ein Schwert 9, welches die Kopfhalte- und Positioniereinrichtung trägt, mit Hilfe von im Gehäuse 8 angeordneten Führungsrollen 10 verstellbar gelagert ist. Die Zeilenkamera 4 ist mittels eines Querträgers 11 mit einer Vorblende 12 verbunden, die dazu dient, den an sich schon in bekannter Weise von der der Röntgenstrahlenquelle 3 benachbarten Sekundärblende begrenzten Fächerstrahl nochmals exakt auf die Schlitzbreite und -länge der nachfolgend noch näher erläuterten Zeilenkamera zu justieren.

Im Gegensatz zum Ausführungsbeispiel nach Figur 1 ist die Zeilenkamera bei der Ausführung nach Figur 2 nicht vertikal, sondern waagrecht angeordnet. Eine entsprechend ausgebildete Halterung ist in Figur 5 dargestellt.

Wie aus Figur 4, die die Vorrichtung in Frontansicht und teilweise im Schnitt zeigt, ersichtlich, befindet sich am Schwert 9, welches die Kopfhalte- und Positioniereinrichtung trägt, eine Gewindespindel 13, die mit einem allgemein mit D3 bezeichneten Getriebemotor zusammenwirkt. Der Getriebemotor D3 ist entweder am Gehäuse 8 oder am Tragarm 6 befestigt. Wie später noch näher erläutert, wird mit Hilfe der aufgezeigten Verstellanordnung mit dem Antrieb D3 erreicht, daß, wenn die Röntgenstrahlenquelle 3 zusammen mit der Zeilenkamera 4 in der Vertikalen bewegt wird, die Kopfhalte- und Positioniereinrichtung 7 während der Ceph-Aufnahme effektiv keine Bewegung ausführt, d.h. ortsfest im Raum gehalten wird.

Die Figur 5 zeigt in einer schaubildlichen Explosionsdarstellung einerseits die Zeilenkamera 4 und andererseits eine mit 15 bezeichnete Halte-

rung, die im vorliegenden Anwendungsfalle für die Ausführung nach Figur 2 am Querträger 11 befestigt ist. Im Falle der Version nach Figur 1 (für PAN-Aufnahmen) ist eine gleich ausgebildete Halterung (ohne Querträger 11) senkrecht an der Dreheinheit 2 (Figur 1) befestigt.

Die Zeilenkamera 4 enthält ein längliches Gehäuse 16, welches im Ausführungsbeispiel aus einem Vierkanthrohr besteht und in der vorderen, der Strahlenquelle 3 zugewandten Seitenfläche 17 einen Schlitz 18 aufweist. Der Schlitz 18 befindet sich im unteren Drittel der Seitenfläche 17, wodurch die Zeilenkamera in eine vergleichsweise tiefe Ausgangsposition (sh. gestrichelte Darstellung in Fig. 2) gefahren werden kann.

Wie aus Figur 6 noch näher hervorgeht, befindet sich hinter dem Schlitz 18 im Innern des Profilrohres 16 ein strahlenempfindlicher Detektor in Form eines zweidimensionalen CCD-Sensors. An der einen Stirnseite 19 befindet sich ein zapfenförmiges Anschlußelement 20, welches mechanische und elektrische Anschlußmittel für eine elektrische und mechanische Verbindung mit dem Halter 15 aufweist. Die mechanischen Anschlußmittel enthalten eine Ringnut 21, die mit einer Kugelrastung 23 zusammenwirkt. Die elektrischen Anschlußmittel bestehen aus einem Mehrstiftstecker 22, der mit einer Steckbuchse 24 im Halter 15 zusammenwirkt. Die Steckstifte 22 sind mit dem bereits erwähnten Zeilendetektor und einer weiteren, im Inneren der Zeilenkamera 4 befindlichen Elektronik verbunden. Der Halter 15 ist so aufgebaut, daß bei aufgesetztem Zeilendetektor die Stirnseite 19 der Zeilenkamera 4 einer stirnseitigen Anschlußfläche 25 der Halterung 15 gegenübersteht.

Damit das Lösen der Zeilenkamera 4 von der Halterung 15 erleichtert ist, insbesondere ein Verkannten und damit die Gefahr einer Beschädigung der hochempfindlichen elektrischen Kontakte vermieden wird, ist eine Auswurfeinrichtung 26 vorgesehen. Diese besteht in der vorliegenden Ausführungsform aus einem Bügel, der in einem Schlitz der Gehäusewandung des Halters 15 nach außen geführt ist. Wird der Bügel bei aufgesetzter Zeilenkamera betätigt, drücken anliegende Bügelteile gegen die Stirnfläche 19 und üben so eine zentrische Kraft auf die Fläche aus, wodurch die Verbindung leicht gelöst werden kann.

Mit 30 ist eine Zentriereinrichtung bezeichnet, die einen exzentrisch im Gehäuse der Halterung gelagerten Hebel 31 enthält. Nach Einsetzen der Zeilenkamera 4 in den Halter 15 wird der Exzenterhebel 31 betätigt, wodurch eine Fläche des Exzenters auf die in der Figur mit 32 bezeichnete Kante des Gehäuses drückt und dieses in definierter, reproduzierbarer Position hält. Obgleich im vorliegenden Ausführungsbeispiel das Gehäuse einteilig ausgebildet ist, kann das Gehäuse auch mehr-

teilig ausgeführt sein, wobei der eine, den Detektor tragende Gehäuseteil dann in der vorgenannten Weise zentriert wird. Damit kann der Detektor unabhängig vom Kameragehäuse und dessen etwaigen Montage- und Fertigungstoleranzen in bezug auf den Halter fixiert werden.

Aus Figur 6, die einen Schnitt entlang der Linie VI-VI in Figur 5 zeigt, geht der prinzipielle Aufbau der Zeilenkamera hervor. Das Gehäuse ist lichtdicht ausgebildet; der Schlitz 18 ist stirnseitig von einer lichtdichten, aber röntgenstrahlendurchlässigen Kunststoffplatte 33 bedeckt. Dahinter befindet sich im Innern ein mit einer vorgeschalteten Szintillationsschicht und gegebenenfalls mit einer zwischengeschalteten Faseroptik versehener CCD-Sensor 35. Der CCD-Sensor 35 kann ein- oder mehrteilig und vorteilhafterweise als Sensormatrix aus amorphem Silizium ausgebildet sein. Ein metallischer Halter 37 verbindet den Träger 36 und das CCD-Element 35 mit einer Platine 38. Flexible Kontaktstreifen 39, z.B. aus mit Goldfasern versehenem Silicon, bewirken den elektrischen Kontakt zwischen Sensor 35 und Platine 38. Die Platine 38 enthält sämtliche, zur Ansteuerung des CCD-Sensors unmittelbar erforderlichen Bauelemente. Gegebenenfalls sind im Gehäuse noch weitere Platinen 38a, 38b angeordnet. Die von der (den) Platine(n) 38 (38a, 38b) abgehenden Leitungen führen zu den bereits erwähnten Steckstiften 22 (Fig. 5). Mit 34 sind stoßabsorbierende Elemente bezeichnet, die den Detektor 35 und die Steuerplatinen 38, 38a, 38b im Gehäuse 'schwimmend' lagern. Damit lassen sich die hochempfindlichen und teuren Teile bei einem unbeabsichtigten Herabfallen der Kamera vor Bruch bzw. Lösen der Kontaktverbindungen weitgehend schützen.

Wie eingangs bereits erwähnt, ist für PAN-Aufnahmen (Fig. 1) und Ceph-Aufnahmen (Fig. 2) das gleiche Grundgerät und ein und dieselbe Kamera verwendbar. Um die für eine Ceph-Aufnahme nötige Bildgröße zu erreichen, hat die Zeilenkamera vorteilhafterweise einen entsprechend längeren Sensor. Die Zeilenkamera kann so je nach Bedarf entweder am Ceph- oder am PAN-Halter angebracht werden. Zur Halterung der Zeilenkamera am Halter 15 sind verschiedene Möglichkeiten denkbar. Anstelle der gezeigten Kugelrastung kann auch eine Bajonettverbindung vorgesehen sein. Desgleichen kann anstelle eines Vierkantprofils eine andere äußere Formgestaltung für das Gehäuse der Zeilenkamera vorgesehen sein.

Zum Aufnahmeprinzip wird folgendes angemerkt:

Eine PAN-Schichtaufnahme wird in der Weise erzielt, daß die beim Überstreichen des aufzunehmenden Objekts (Kiefer) gewonnenen Signale in dem zweidimensional auflösenden Detektor aufaddiert werden, wobei das Aufaddieren der Signale -

falls ein CCD-Sensor verwendet wird - bereits auf dem Sensor durchgeführt werden kann, indem dieser im TDI-Modus betrieben wird. Durch diese besondere Betriebsart wird die Funktion eines bewegten Filmes nachgebildet, indem die durch Belichtung erzeugten Ladungspakete im CCD-Element entsprechend weitergetaktet werden, während ständig neue Ladungen hinzukommen. Die Taktimpulse für den TDI-Betrieb werden aus den sonst für den Filmkassettenantrieb erforderlichen Schrittmotorimpulsen abgeleitet.

Alternativ ist auch ein Aufaddieren in einer späteren Signalverarbeitungsstufe möglich.

Die Ceph-Aufnahme läuft ebenfalls in Slot-Technik ab. Der Kopf eines stehenden (oder sitzenden) Patienten wird je nach Anordnung der Zeilenkamera von oben nach unten (bei waagerechter Anordnung) oder von links nach rechts (bei senkrechter Anordnung) vice versa mit einem Strahlflächchen überstrichen. Dieser Strahlflächchen trifft, justiert durch die bereits genannte Vorblende 11, genau auf den waagerecht angeordneten Schlitz des CCD-Sensors. Mit Hilfe des Antriebs D1 verfährt man nun das gesamte Gerät, also Röntgenstrahlenquelle 3 mit Primär- und Sekundärblende sowie Zeilenkamera 4 mit Sensor, gemeinsam von einer Ausgangsposition aus in der Vertikalen (sh. Pfeile in Fig. 2). Gleichzeitig wird die Kopfhalt- und Positioniereinrichtung 7 mit Hilfe des Antriebs D3 in Gegenrichtung gefahren, wobei die beiden Bewegungen so aufeinander abgestimmt sind, daß der Patientenkopf räumlich fixiert, d.h. ortsfest, bleibt. Die Steuerung der beiden Antriebsmotoren D1 und D3 erfolgt entsprechend dem Blockschaltbild nach Figur 7 über einen Mikroprozessor 40. Den beiden Antrieben sind Drehzahlerkennungssensoren 41, Drehrichtungsumschalter 42 sowie End- bzw. Korrekturschalter 44, 45 zugeordnet. Die über Pulsweitenmodulation erfolgte Steuerung enthält weiterhin Sicherheitsschalter 46. Eine Auswerteelektronik des Mikro-Controllers 40 erkennt, an welcher Halterung (PAN- oder Ceph-Gerät) die Kamera befestigt ist. Wird eine Ceph-Aufnahme angewählt, fährt der Antriebsmotor D3 in die Ausgangsposition, beispielsweise in die untere Verstellposition (gestrichelte Position in Fig. 2). In dieser Position spricht der Endschalter 44 an. Mittels der Höhenverstellung der Tragsäule 1 kann nun die Kopfhaltpositioniereinrichtung auf die Patientengröße eingestellt werden. Während der Ceph-Aufnahme verfährt der Antriebsmotor D3 die Kopfpositioniereinrichtung 7 nach oben, während gleichzeitig der Antriebsmotor D1 für die Tragsäule nach unten fährt. Die beiden Antriebe werden dabei so geregelt, daß die Differenz der Verstellgeschwindigkeiten gleich Null ist. Dadurch ist sichergestellt, daß der Abstand der Ohrrollen und damit der Kopfpositionierung zum Fußboden konstant bleibt. Die Aufnahme ist be-

endet, wenn der Endschalter 44 oder ein Systemtakt-Zähler (TDI-Takt-Zähler) die obere Endlage erkennt.

Der TDI-Takt für den CCD-Sensor wird z.B. vom Antriebsmotor D1, der für die Höhenverstellung der Tragsäule vorgesehen ist, abgeleitet. Alternativ kann er auch aus den Signalen eines Positionszählers, der die Verstellung der Tragsäule direkt mißt, gewonnen werden. Der TDI-Modus dient hier nicht, wie bei einer PAN-Aufnahme, um eine Verwischung und damit eine Schichtaufnahme zu erzeugen, sondern dazu, die volle Breite des Sensors zur Bildentstehung auszunutzen. Hier entspricht also der TDI-Betrieb einem Film, der relativ zum Schlitz bewegt wird und relativ zum Patienten feststeht.

Die nachfolgenden Figuren zeigen vorteilhafte Varianten zu der in Figur 2 dargestellten Ausführungsform anhand einer Ansicht von oben (Draufsicht). Im Gegensatz zu der Ausführung nach Figur 2, bei der die Zeilenkamera 4 horizontal angeordnet ist, ist bei den Varianten nach Figuren 8 und 9 die Zeilenkamera 4 vertikal angeordnet; demnach wird auch von der Primärblende und der Vorblende ein vertikales gefächertes Strahlenbündel auf den CCD-Sensor gegeben.

Bei der Ausführung nach Figur 8 ist sowohl die Zeilenkamera 4 als auch die Vorblende 12 in Längsführungen 50, 51 geführt, die motorisch z.B. mittels eines gemeinsamen Antriebes D4 oder, unter Zwischenschaltung eines Untersetzungsgetriebes (G) durch getrennte Antriebe D4 und D5 bewegt werden. Die Primärblende 52 ist ebenfalls mittels einer Längsführung 53 in Pfeilrichtung bewegbar. Zur Verstellung ist hier ein Antrieb D6 vorgesehen. Die Längsführungen 50, 51 und 53 können in bekannter Weise als motorisch angetriebene Gewindespindelantriebe ausgebildet sein. Die Winkelgeschwindigkeiten für die Antriebe D4, D5 und D6 sind dann, wenn jeweils getrennte Antriebe vorgesehen sind, gleich. Wenn für Längsführungen 50 und 51 ein gemeinsamer Antrieb vorgesehen werden soll, müssen die beiden Längsführungen über eine weitere Spindel 55 unter Zwischenschaltung eines geeigneten Untersetzungsgetriebes (G) miteinander gekoppelt sein.

Bei der Ausführung gemäß Figur 9 wird die Primärblende nicht bewegt. Sie läuft vielmehr starr mit der Dreheinheit 2 um deren Drehmittelpunkt 54 um. Auch bei dieser Version ist es denkbar, die beiden Längsführungen 50 und 51 durch eine weitere Spindel und ein geeignetes, dazwischen gesetztes Untersetzungsgetriebe G miteinander zu synchronisieren.

Die Figur 10 zeigt eine mögliche Ausführung einer Strahlausrichtung, nämlich eine asymmetrische Einstellung des Strahles in bezug auf das zu durchstrahlende Objekt. Anstelle der asymmetri-

schen Einstellung ist auch eine symmetrische Ausrichtung des Fächerstrahls möglich.

Die Figur 11 zeigt eine weitere vorteilhafte Ausführungsform, bei der die Kamera 4, wie in Figur 2 gezeigt, horizontal angeordnet und über einen Querträger 11 mit der Vorblende 12 verbunden ist. Kamera 4 und Vorblende 12 werden gemeinsam über einen Antrieb A mit der Primärblinde 52 motorisch verstellt, wobei die Verstellung, wie beschrieben, im TDI-Modus erfolgt. Die Strahlenquelle 3 bleibt bei dieser Ausführungsform während der Verstellbewegung von Kamera und Primärblinde ortsfest.

Wie aus einem Vergleich der Vorrichtung, wie sie in der eingangs zitierten EP-A-0 229 308 beschrieben ist, mit den Ausführungsformen der zuvor beschriebenen Figuren 1 bis 11 hervorgeht, ist gegenüber den herkömmlichen, mit Röntgenfilm und Verstärkungsfolien arbeitenden Geräten die Filmkassette durch einen elektronischen Strahlungswandler (2-dimensionaler Zeilendetektor) ersetzt. Der relativ schmale, dort eingesetzte Sensor empfängt einen vom Röntgenstrahler abgegebenen waagerechten Fächerstrahl, wobei die Anordnung von Strahler und Zeilendetektor so getroffen ist, daß sie durch beispielsweise eine Höhenverstellung des Gerätestativs vertikal am Objekt vorbeibewegt wird. Der Fächerstrahl wird dabei zunächst grob durch die strahlernahe Primärblinde und danach durch eine unmittelbar vor dem Objekt platzierte, in der vertikalen Bewegung mitbewegte Objekt- oder Vorblende scharf begrenzt.

Für die Tomosynthese muß das Objekt, im Ausführungsbeispiel der zu untersuchende Schädel, aus wenigstens zwei, vorteilhafterweise aus noch weiteren Winkelrichtungen durchstrahlt werden, wobei zur Erzielung einer optimalen Verwischung die Projektionen nicht in einer, sondern in verschiedenen Ebenen liegen sollten. Praktikabel scheint, wie dies nachfolgend anhand der verschiedenen Ausführungsformen dargestellt ist, die Projektionsrichtung nach oben, unten, links und rechts zu verändern.

Die Figuren 12 und 13 zeigen in Anlehnung an die Ausführungsform gemäß Figur 2 eine erste Modifikation, bei der nicht nur, wie beschrieben, Strahlenquelle 3 und Zeilendetektorkamera 4 zusammen mit Vorblende 12 in der Höhe, also um das Maß h, in vertikaler Richtung verstellbar angeordnet sind, sondern bei der darüber hinaus, der hier nur symbolisch angedeutete Strahler 3, ausgehend von einer festen, waagerechten Projektionsrichtung P, seitlich und senkrecht verfahren wird. Figur 12 zeigt das senkrechte Verfahren des Strahlers. Der Strahler wird dabei auf einer vorgegebenen Kreisbahn mit dem Radius R, der dem Abstand zwischen Strahler-Fokus und Schädelmitte-Patient entspricht, um eine horizontale Achse ge-

schwenkt. Das Verschwenken erfolgt um ein bestimmtes Winkelmaß  $\alpha$ , der etwa zwischen 5 bis 15° liegen kann. Ein Objektpunkt (OP) des zu durchstrahlenden Objekts (Schädel) wird also nicht nur aus der einen (üblichen) Projektionsrichtung P, sondern noch aus weiteren, in anderen Ebenen liegenden Projektionsrichtungen ( $P_1, P_2, P_3, P_4, \dots$ ) durchstrahlt, wobei der Strahlenfächer jeweils auf das Objekt mit der dahinterliegenden Zeilendetektorkamera 4 gerichtet ist. Die Objektblende 12 kann vorteilhafterweise entsprechend linear mit verschoben werden. Obgleich der Zeilendetektor in seiner Position verbleiben kann, kann es vorteilhaft sein, Objektblende und Strahlendetektor mitzudrehen. Dadurch erhält man eine saubere Ausblendung an den Blendenkanten und eine optimale Strahlerdetektion.

In Betrachtung der Figur 13, die das seitliche Verfahren des (hier ebenfalls nur symbolisch angedeuteten) Strahlers 3 aufzeigt, ist erkennbar, daß der Strahler, wenn er von der Position P aus nach  $P_3$  oder  $P_4$  geschwenkt wird, auch noch um eine vertikale Achse V gedreht wird. Der Drehwinkel  $\beta$  ist so bemessen, daß in den Projektionsrichtungen  $P_3$  und  $P_4$  stets eine senkrechte Durchstrahlung des Objekts gegeben ist.

In Abwandlung der erläuterten Ausführungsform könnte anstelle der Abtastung mittels der Zeilendetektorkamera 4 in der zuvor beschriebenen Slot-Technik mit streifenweisem Aufbau des Flächenbildes auch eine großflächige Kamera mit einem Sensor auf der Basis von amorphem Silizium verwendet werden. Dadurch könnte das streifenweise Abtasten, also die gesamte Höhenverstellung von Strahler, Objektblende und Detektor, zur Erstellung eines 2D-Bildes entfallen.

Die Figuren 14 und 15 zeigen eine weitere Ausführungsform. Im Gegensatz zu dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel wird die Strahlenquelle 3 mit Ausnahme der Höhenverstellung zur Abtastung des Schädels nicht weiter verstellt. Strahler, Blenden und Zeilendetektor bleiben hier also zueinander fixiert, während das Objekt zur Erstellung der tomosynthetischen Aufnahmen gekippt wird. Hierzu kann vorteilhafterweise der gesamte Kopfhalter 7 gegenüber der Tragstange 6 um den Winkelbetrag  $\alpha$  nach oben und unten gekippt werden. Bei dieser Verstellvariante kann man die ohnehin bereits vorhandenen Einstellmöglichkeiten für die Ohröfen und die Nasenstütze verwenden.

Die Modifikationen gemäß den Figuren 16 und 17 basieren auf der Vorrichtung, wie sie in der eingangs bereits genannten EP-0 229 308 beschrieben ist. Anstelle der Filmkassette ist vorteilhafterweise eine Zeilendetektorkamera 4 vorgesehen, die, wie in Fig. 1 dargestellt, vertikal angeordnet ist. Die Aufnahmen für eine Tomosynthese in

Slot-Technik erfolgt durch lineares, horizontales Verschieben der Anordnung Strahler 3 und Sensor 4 gegen das Objekt, indem der Sensor 4 und der Strahler 3 durch jeweilige Aktuatoren (Motoren M1, M2 oder M3) am Drehring (DR) gleichsinnig bewegt werden oder indem der Drehring komplett gegen das Objekt verschoben wird. Vorteilhafterweise wird der Strahler 3 um eine strahlerferne erste Vertikalachse (V1 in Figuren 13 und 16) auf einer vorgegebenen Kreisbahn geschwenkt und gleichzeitig und gegensinnig um eine strahlernahe zweite Vertikalachse (V2 in Figuren 13 und 16) gedreht. Vorteilhaft kann es auch sein, bei am Drehring fixiertem Strahler den Sensor zu schwenken, z.B. am Ring entlang um den Röhrenfokus als Drehpunkt. Des weiteren ist es denkbar, den Sensor linear zu verstellen, wobei entweder nur die (strahlernahe) Primärblende entsprechend mitbewegt oder Blende und Strahler mitgedreht werden.

Unterschiedliche tomosynthetische Projektionswinkel in der Horizontalen können durch Drehen des Ringes um das Objekt eingestellt werden, und zwar mit gleicher Mechanik, wie sie für Panorama-Aufnahmen erforderlich sind. Die verschiedenen Projektionswinkel in vertikaler Richtung können durch Taumeln des Ringes um eine Horizontalachse H (Fig. 17) erzielt werden, wobei bei dieser Taumel- oder Kippbewegung der Sensor zweckmäßigerweise mitbewegt wird.

Eine weitere Variante zu diesem Ausführungsbeispiel wäre, den Sensor für die Tomosynthese nicht vertikal, sondern horizontal anzuordnen. Für PAN- oder Ceph-Aufnahmen kann der Sensor entsprechend umpositioniert werden.

Unter den geometrischen Verhältnissen (Abstände, Winkel) der üblichen Anordnung für Panoramaaufnahmen würde der Kopf des Patienten in der Höhe nur teilweise erfaßt werden. Wenn, wie bei Ceph-Aufnahmen sinnvoll, der Schädel voll erfaßt werden soll, kann man dies z.B. durch nacheinander erstellte, höhenversetzte Bilder, die im Rechner nachträglich paßgenau zusammengesetzt werden, erreichen. Auch ist es denkbar, eine spezielle, unter größerem nutzbaren Winkel abstrahlende Röntgenröhre in Verbindung mit einem entsprechend längeren bzw. größeren Sensor zu verwenden. Besonders vorteilhaft ist es, den Strahler für diese Aufnahmen am Ring radial zu verstellen und so in einen größeren Abstand zum Objekt zu bringen. In der Fig. 16 ist diese Verstellmöglichkeit durch einen Doppelpfeil (A) am Strahler 3 angedeutet.

Bei den Lösungen gemäß den Figuren 12 bis 15, die dazu dienen, Ceph-Aufnahmen, also Aufnahmen vom gesamten Schädel eines Patienten, machen zu können, befinden sich Schädel und Röntgensensor üblicherweise entfernt vom Panoramagerät, das den Strahler beinhaltet. Der Grund

hierfür ist, Verzerrung durch die Zentralprojektion klein zu halten. Verkürzt man den Ausleger, wachsen entsprechend die Verzerrungen, d.h. etwa bei einer Seitenaufnahme des Schädels wird die strahlernahe Kieferhälfte größer dargestellt als die strahlerferne.

Eine Extremsituation entsteht, wenn auf den Ausleger ganz verzichtet wird und der Röntgensensor an der Stelle, wie er bei der Panoramaaufnahme üblich, angeordnet wird (Figur 1).

Erfindungsgemäß lassen sich auch mit einer solchen Anordnung Schädelaufnahmen erstellen und tomosynthetisch aufbereiten, wenn man die Schichtbilder in Schichten strahlernah bis strahlerfern berechnet.

Da der Abstand des Zeilendetektors vom Strahler bekannt ist, können die Verzerrungen rechnerisch korrigiert werden. Die Bilder können als unverzerrte Schichtbilder oder 3D-Bilder wiedergegeben werden oder wieder zum gewohnten unverzerrten Summenabsorptionsbild rechnerisch zusammengesetzt und wiedergegeben werden.

Diese Lösung ist deshalb vorteilhaft, da hierbei kein gesonderter CEPH-Aufbau mit Ausleger gebraucht wird.

## Patentansprüche

1. Zahnärztliche Röntgendiagnostikeinrichtung zur Erstellung von tomosynthetischen Aufnahmen von Objekten, insbesondere von Schädel eines Patienten, unter Verwendung eines Panoramaaufnahmegerätes mit einem Röntgenstrahler (3) und einer diametral gegenüber dem Strahler angeordneten Aufnahmeeinheit (4), vorzugsweise in Form einer elektronischen Zeilendetektor-Kamera, **dadurch gekennzeichnet**, daß Mittel vorhanden sind, die es erlauben, den Röntgenstrahler (3) definiert in der Höhe zu verstellen und um eine senkrechte (V) und waagerechte Achse (H) derart zu verschwenken, daß ein Objektpunkt (OP) aus mehreren, vorzugsweise in unterschiedlichen Ebenen liegenden Projektionsrichtungen (P, P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> ...) durchstrahlt wird.
2. Röntgendiagnostikeinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zum Einstellen der Projektionsrichtungen (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> ...) der Strahler (3) um eine Horizontalachse (H) verstellbar gehalten ist (Fig. 12).
3. Röntgendiagnostikeinrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Verstellbewegung des Strahlers (3) mit einer objektnahen Vorblende (12), gegebenenfalls auch mit der

- Aufnahmeeinheit (4) gekoppelt ist.
4. Röntgendiagnostikeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Strahler (3) um eine strahlerferne erste Vertikalachse (V1) auf einer vorgegebenen Kreisbahn schwenkbar und gleichzeitig gegen-sinnig um eine strahlernahe zweite Vertikalachse (V2) drehbar angeordnet ist (Fig. 13).
  5. Röntgendiagnostikeinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zum Einstellen der Projektionsrichtungen ( $P_1$ ,  $P_2$  ...) der Objekthalter (7) kippbar und schwenkbar gehalten ist (Fig. 14/15).
  6. Röntgendiagnostikeinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die diametral des Strahlers (3) angeordnete Aufnahmeeinheit (4) auf einem Drehring (DR) angeordnet ist, der einerseits um eine zentrale Vertikalachse (V3) drehbar und andererseits durch Verstellmittel (M1, M2) um eine weitere Vertikalachse (V4) schwenkbar gehalten ist, und daß der Strahler (3) seinerseits um eine dritte Vertikalachse (V5) drehbar am Drehring (DR) gehalten ist.
  7. Röntgendiagnostikeinrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Drehring (DR) an einem Träger (T) gelagert ist, der die genannte Horizontalachse (H) zum Einstellen der Projektionsrichtungen aufnimmt (Fig. 17).
  8. Röntgendiagnostikeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Aufnahmeeinheit eine Zeilendetektor-Kamera (4) vorgesehen ist, die einen hinter einer schlitzförmigen Öffnung (18) angeordneten Röntgenstrahlen-Detektor (35) beinhaltet, dessen Breite der Breite bzw. Länge des aufzunehmenden Körperteils angepaßt ist, wobei Verstellmittel (D1, D4) vorhanden sind, welche die Zeilendetektor-Kamera gegenüber dem Körperteil so verstellen, daß die Schlitzöffnung entlang des Körperteils bewegt wird, wobei der von der Strahlenblende (52, 12) der Strahlenquelle (3) begrenzte Fächerstrahl synchron zur Kamerabewegung mitbewegt wird.
  9. Röntgendiagnostikeinrichtung nach Anspruch 8, bei der der Röntgenstrahlen-Detektor ein CCD-Sensor ist, der aus ein oder mehreren Zeilen aufgebaut ist und eine vorgesetzte Szintillationsschicht enthält.
  10. Röntgendiagnostikeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei der die Zeilendetektor-Kamera (4) so gehalten ist, daß die Schlitzöffnung (18) waagerecht verläuft und die Verstellbewegung in senkrechter Richtung erfolgt (Fig. 2, 12 bis 15).
  11. Röntgendiagnostikeinrichtung nach Anspruch 10, bei der die Zeilendetektor-Kamera (4) einem Auslegerarm (6) zugeordnet ist, der höhenverstellbar an einem die Strahlenquelle (3) tragenden Stativ (1) gehalten ist (Fig. 2, 12, 13).
  12. Röntgendiagnostikeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei der die Zeilendetektor-Kamera (4) so gehalten ist, daß die Schlitzöffnung (18) vertikal verläuft und die Verstellbewegung in waagerechter Richtung erfolgt (Fig. 1, 8, 9, 16, 17).
  13. Röntgendiagnostikeinrichtung nach Anspruch 12, bei der die Strahlenquelle (3) verstellbar angeordnet ist und diese zusammen mit der Primärblende (52) um den Drehmittelpunkt (54) einer die Strahlenquelle tragenden Dreheinheit (2) verstellbar angeordnet ist (Fig. 9).
  14. Röntgendiagnostikeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, bei der ein Panorama-Schichtaufnahmegerät (PAN-Aufnahmegerät) zur Erstellung von Kieferaufnahmen eines Patienten mit einem Ceph-Gerät zur Erstellung von Schädelaufnahmen eines Patienten miteinander kombiniert sind, indem beide Geräte mit einer gleich ausgebildeten Halterung (15) einer Zeilendetektor-Kamera (4) ausgestattet sind.
  15. Röntgendiagnostikeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, welche zur Erstellung von einerseits Panorama-Schichtaufnahmen (PAN-Aufnahmen) vom Kiefer eines Patienten und andererseits von Fernaufnahmen (Ceph-Aufnahmen) vom Schädel eines Patienten folgende Elemente beinhaltet:
    - ein Stativ (1), mit einem höhenverstellbaren Tragteil (1a);
    - eine Dreheinheit (2) mit einer Röntgenstrahlenquelle (3) und einer ersten Kopfhalte- und Positioniereinrichtung (5),
    - einen ersten Halter (15) für eine Zeilendetektor-Kamera (4) zur Erstellung der PAN-Aufnahmen,
    - einen Auslegerarm (6), an dem eine zweite Kopfhalte- und Positioniereinrichtung (7) angeordnet ist, sowie
    - einen zweiten Halter (15) mit baugleichem Anschlußteil (24) für die alternative

Halterung der vorgenannten Zeilendetektor-Kamera (4) zur Erstellung der Ceph-Aufnahmen,

wobei der erste Halter so angeordnet ist, daß der Zeilendetektor mit seiner Längsausdehnung vertikal ausgerichtet ist und gemeinsam mit der Strahlenquelle (3) um den Patientenkopf herum bewegbar ist, während der zweite Halter so angeordnet ist, daß die Zeilendetektor-Kamera mit ihrer Längsausdehnung horizontal ausgerichtet ist und in bezug auf die Strahlenquelle in vertikaler Ebene verstellbar angeordnet ist.

16. Röntgendiagnostikeinrichtung nach Anspruch 15, bei der die zweite Kopfhalt- und Positioniereinrichtung (7) an einem ortsfesten, geräteexternen Teil (Wand) und die Zeilendetektor-Kamera (4) am höhenverstellbaren Auslegerarm (6) befestigt sind.

17. Röntgendiagnostikeinrichtung nach Anspruch 15, bei der die zweite Kopfhalt- und Positioniereinrichtung (7) am höhenverstellbaren Auslegerarm (6) angeordnet ist, und zwischen dem Auslegerarm und der zweiten Kopfhalt- und Positioniereinrichtung eine Einrichtung (10, 13, D3) vorgesehen ist, welche die Bewegung des höhenverstellbaren Trageils (1a) während der Ceph-Aufnahme kompensiert.

18. Röntgendiagnostikeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzeugung von Fernröntgenbildern (Ceph-Aufnahmen) die Aufnahmeeinheit (4) objektnah (Fig. 1, Fig. 16) angeordnet ist und die tomosynthetischen Schichtbilder aus den vorgegebenen Abständen zwischen Strahler (3), Objekt und Aufnahmeeinheit (4) errechnet werden, wobei eine durch die Zentralprojektion entstehende Abbildungsverzerrung elektronisch in einem Rechner korrigiert wird.

45

50

55

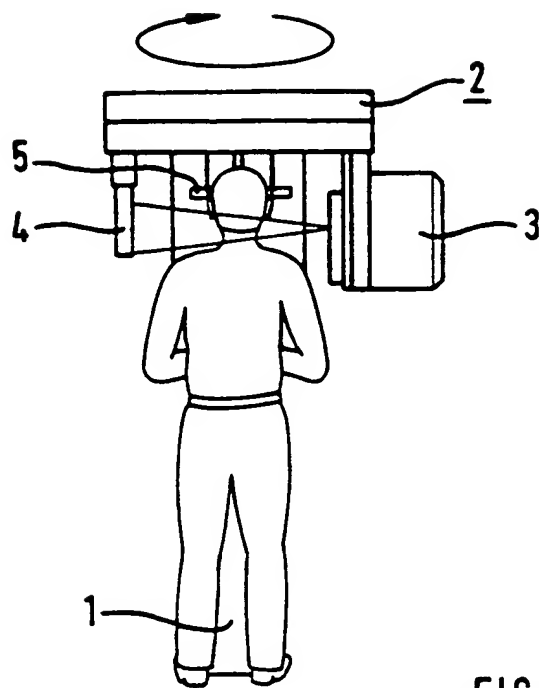


FIG 1

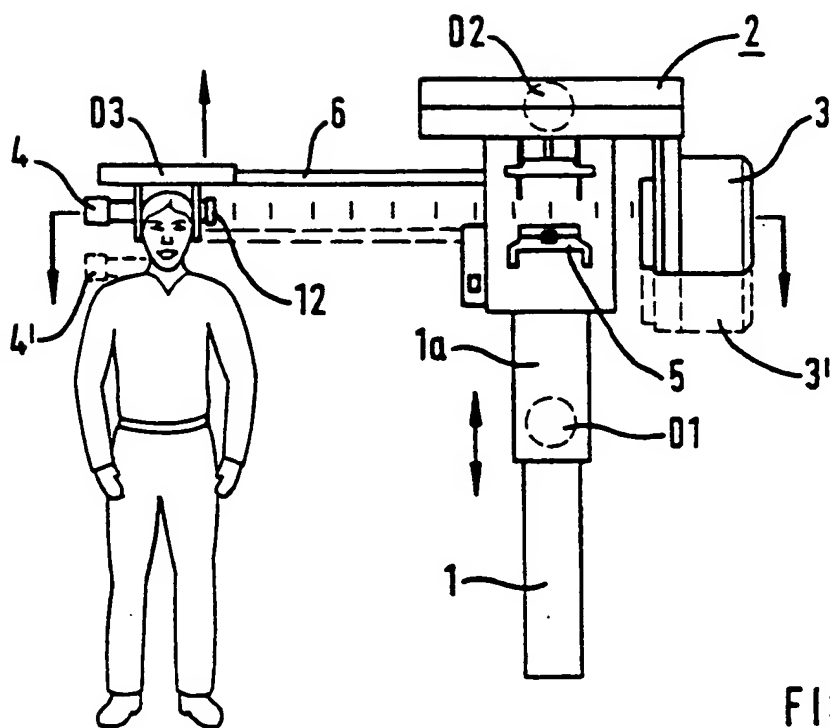
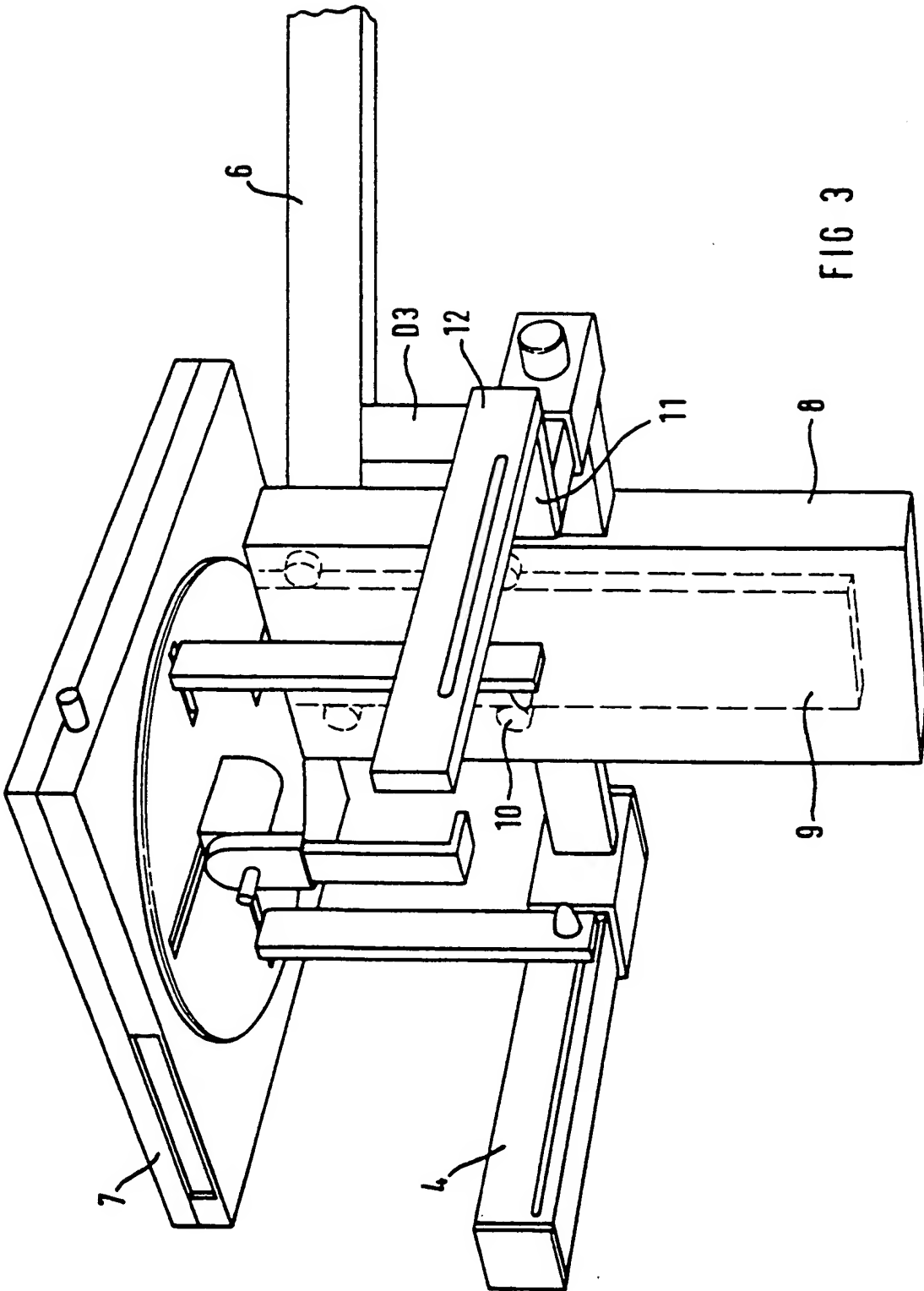
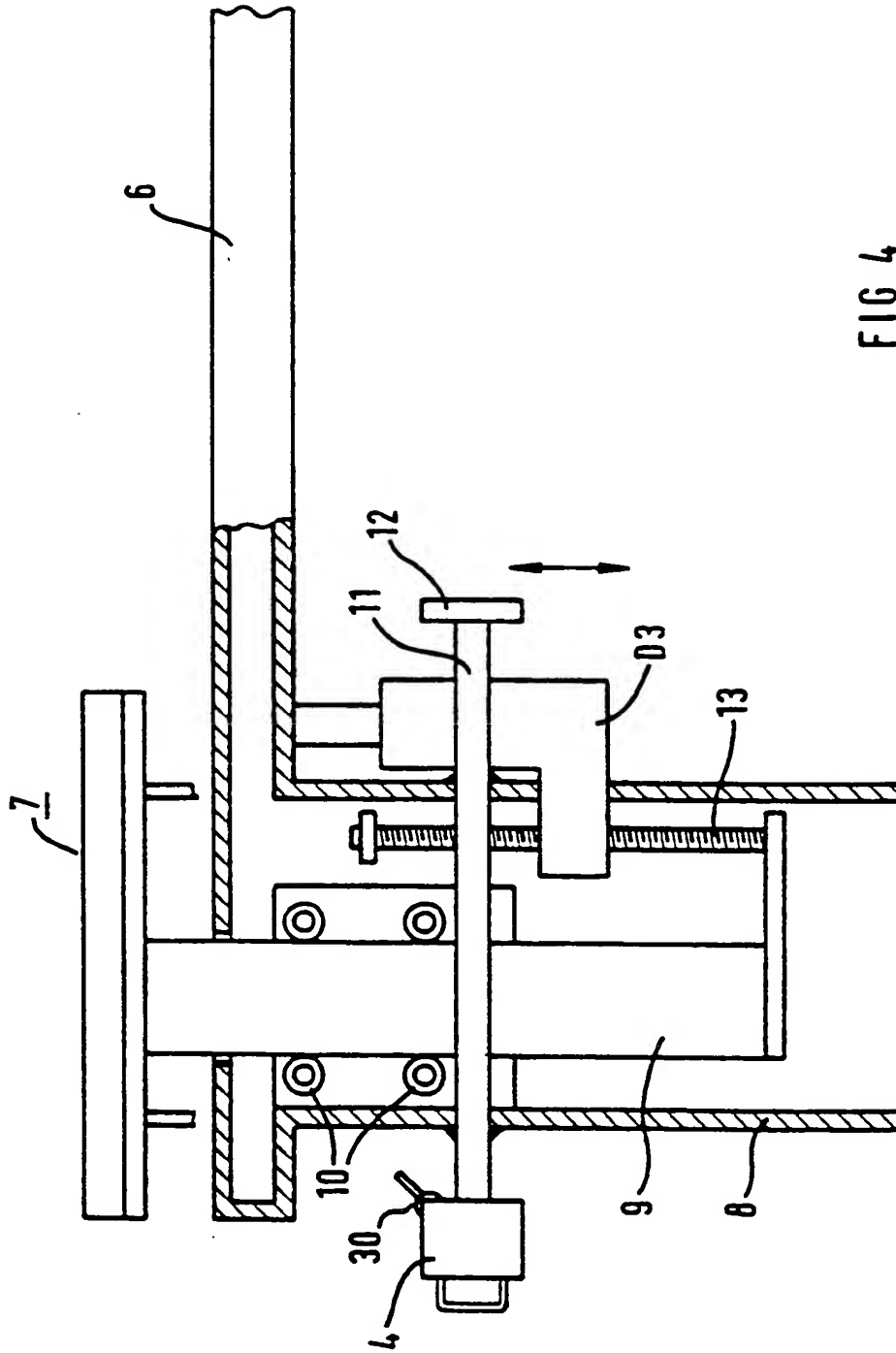
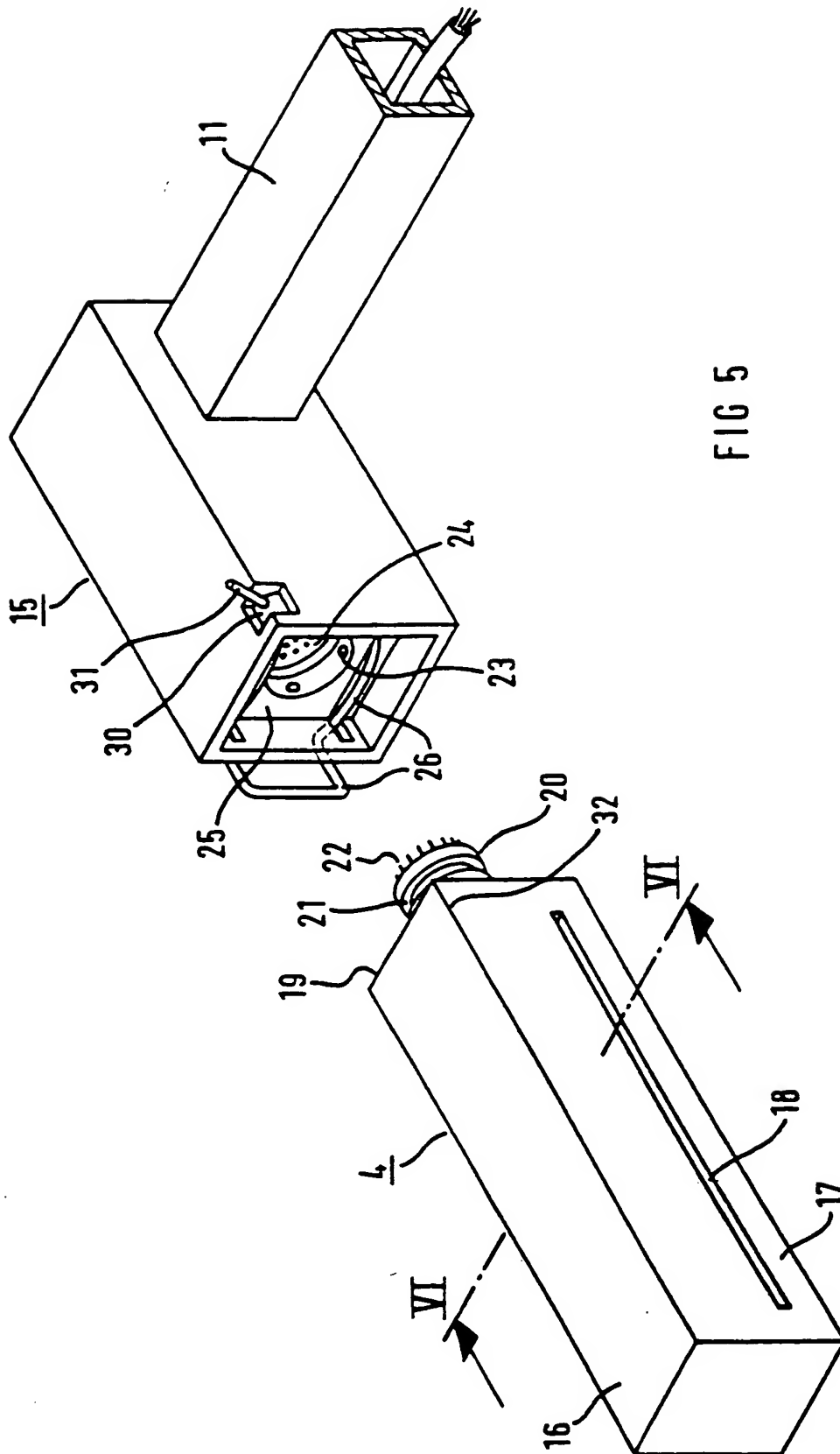


FIG 2







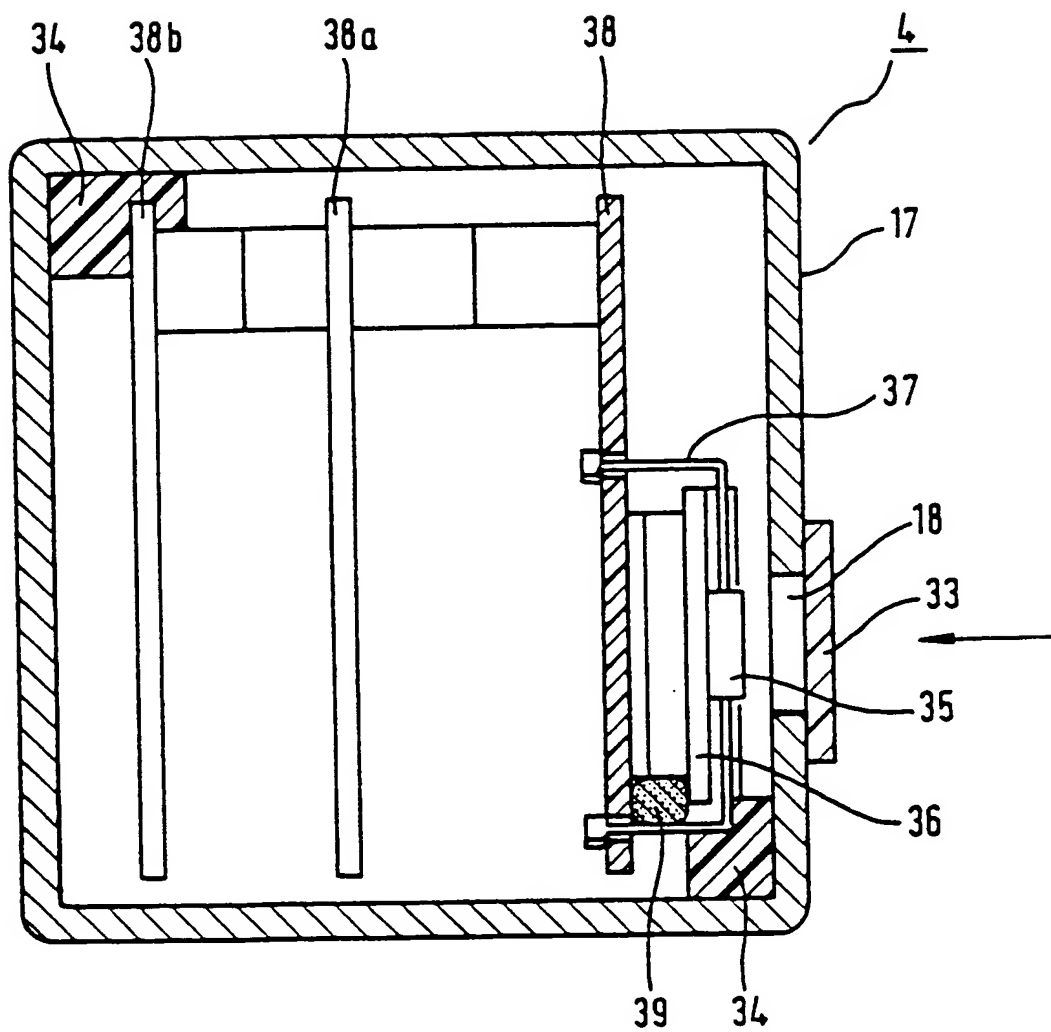


FIG 6

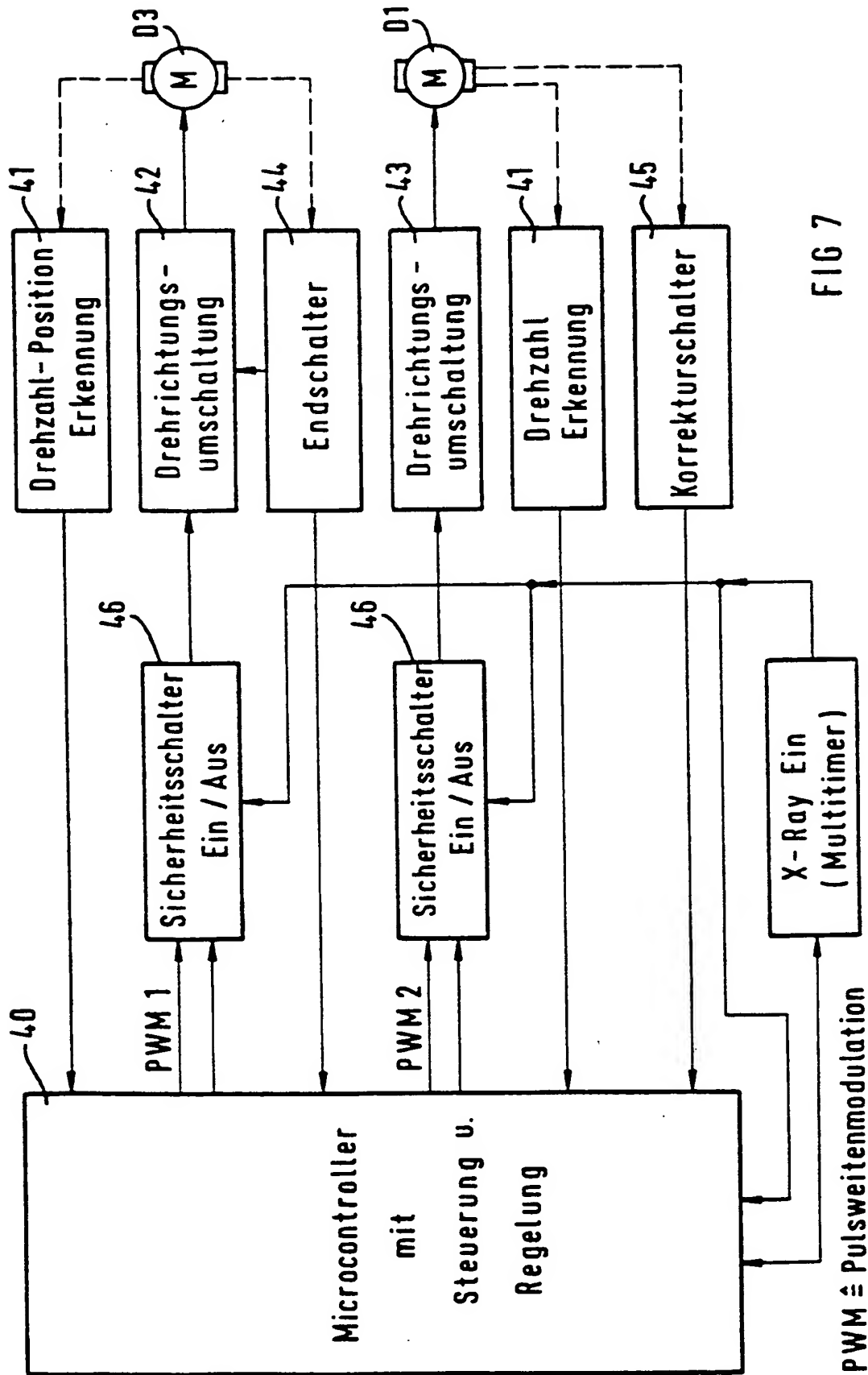
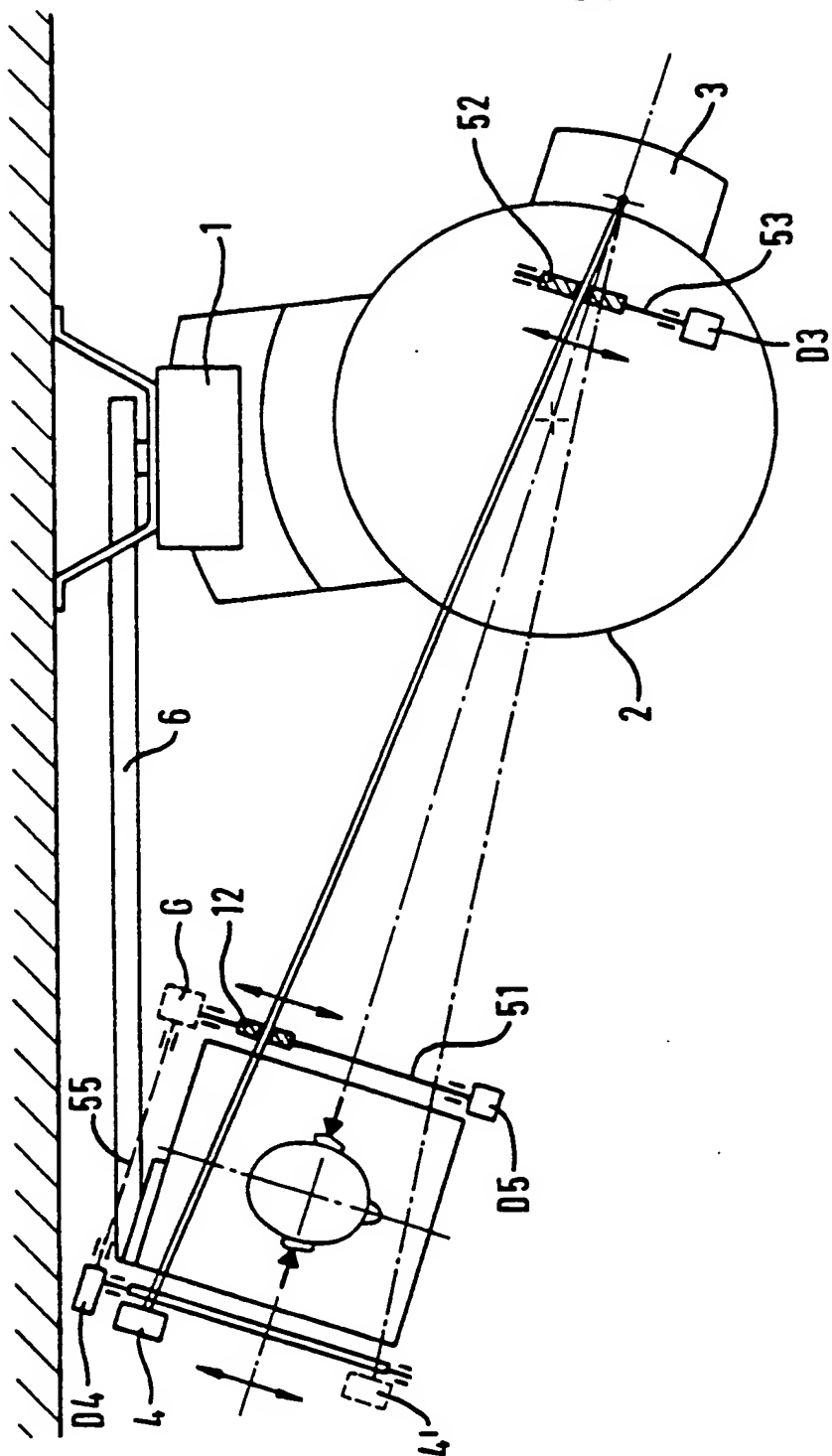
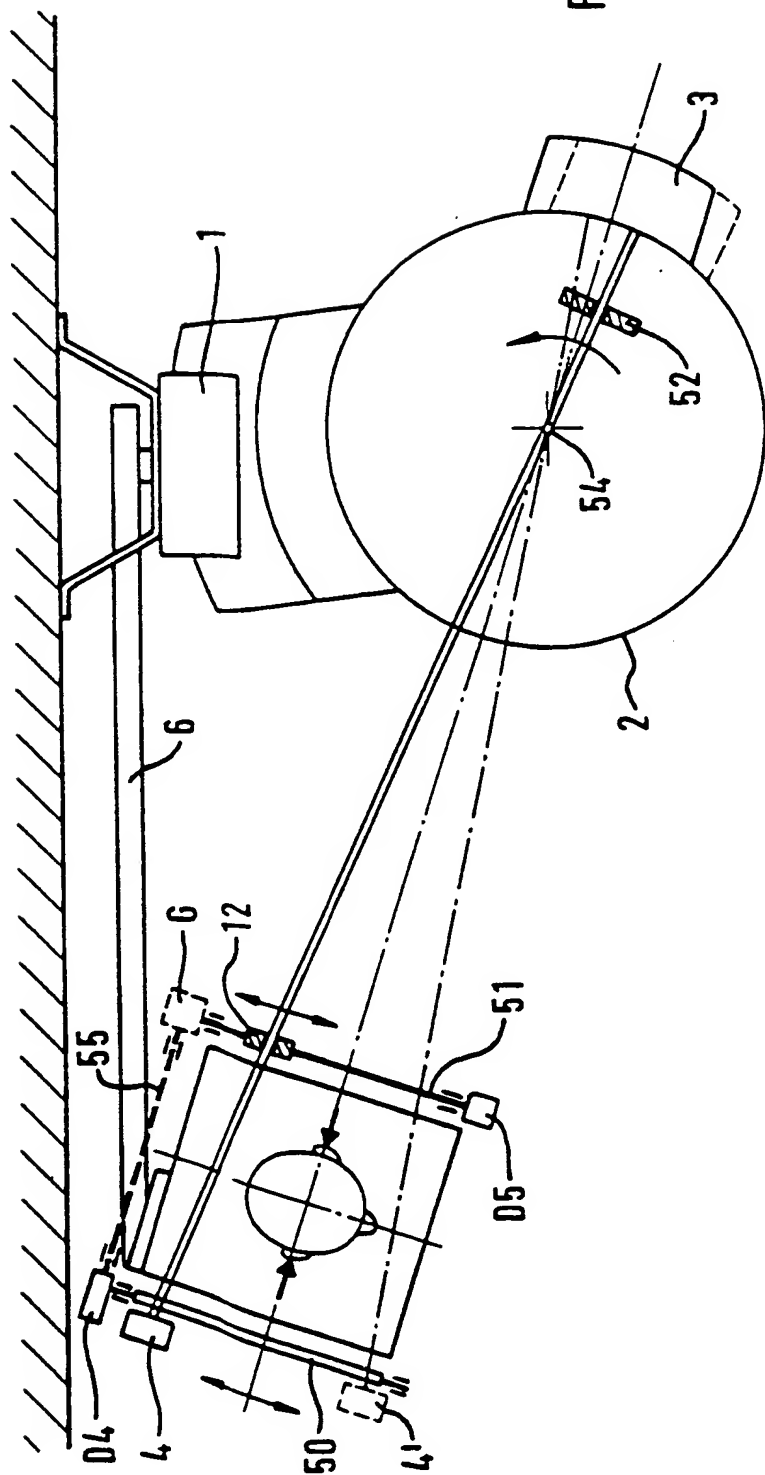


FIG 7

FIG 8





**FIG 9**

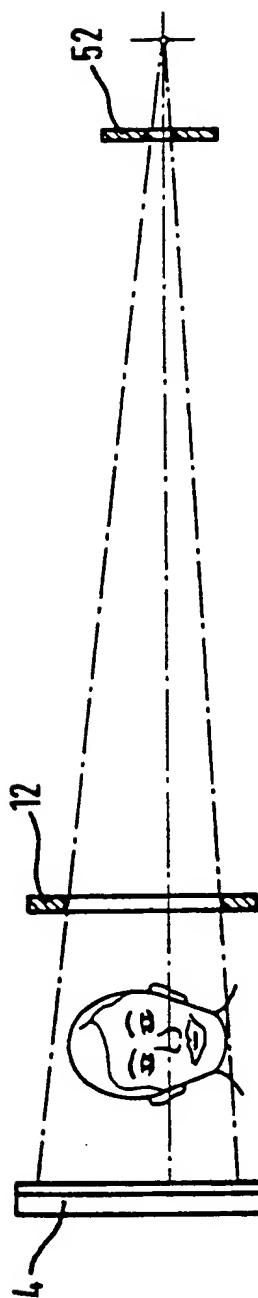


FIG 10

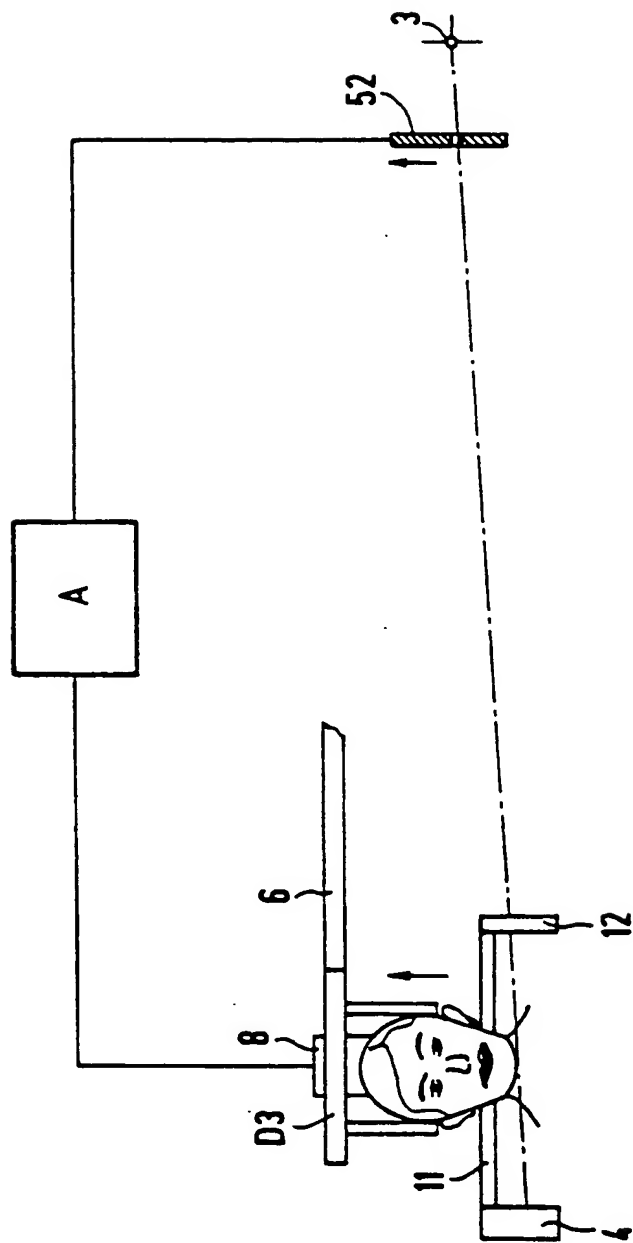


FIG 11

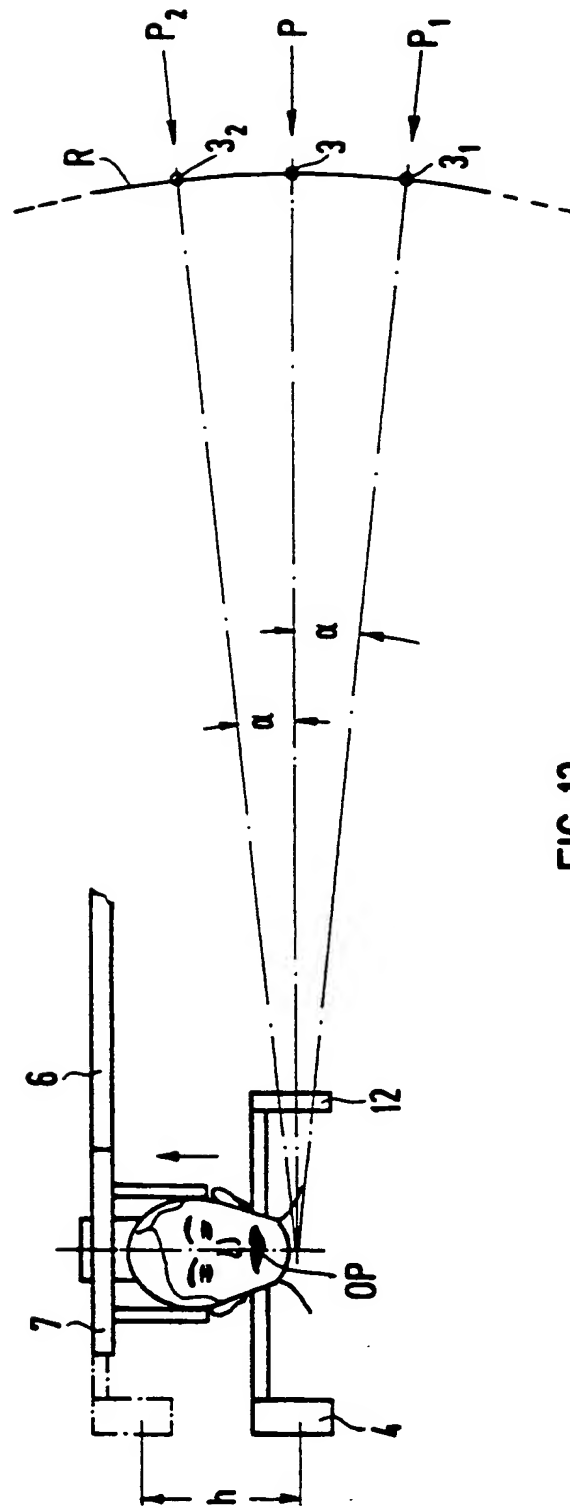


FIG 12

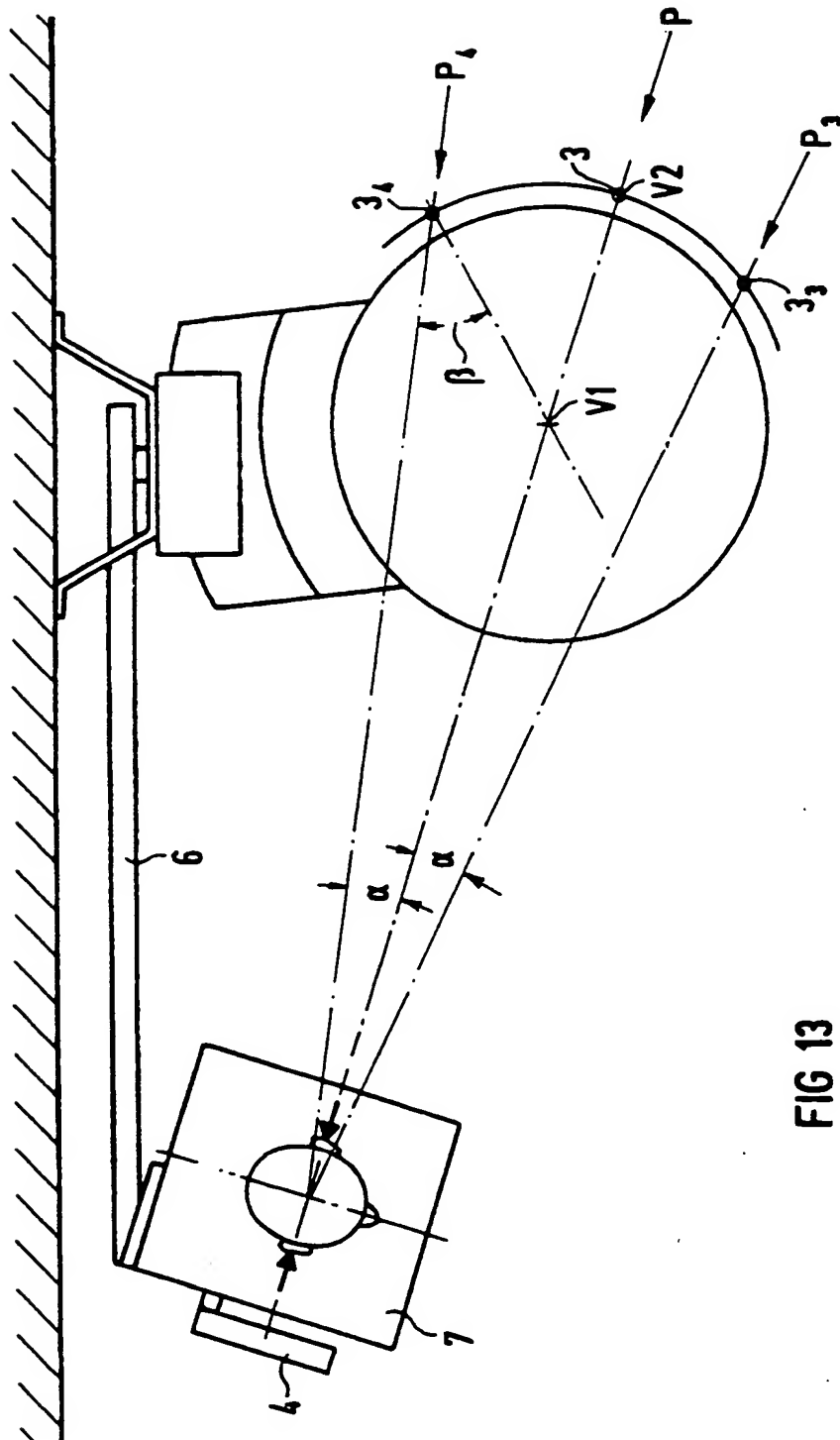


FIG 13

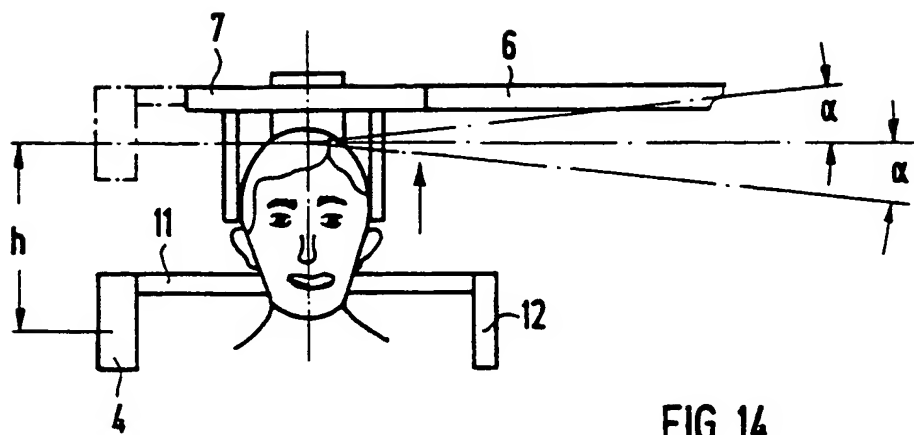


FIG 14

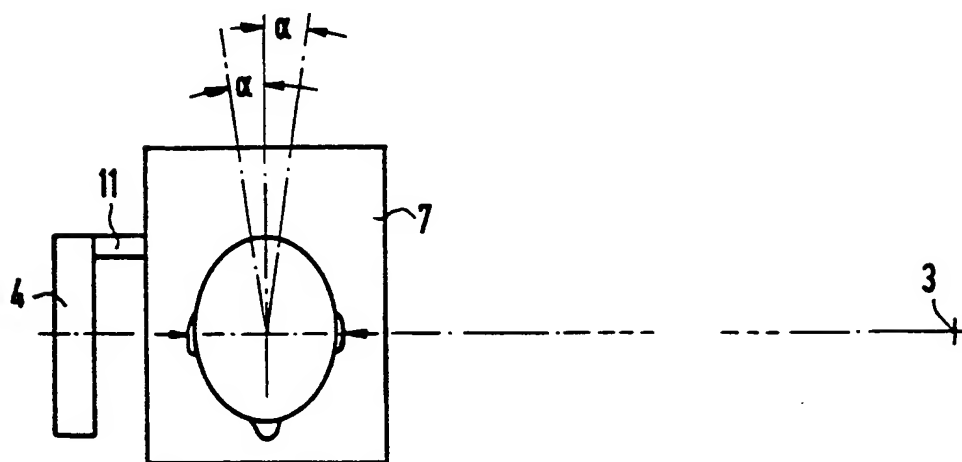


FIG 15

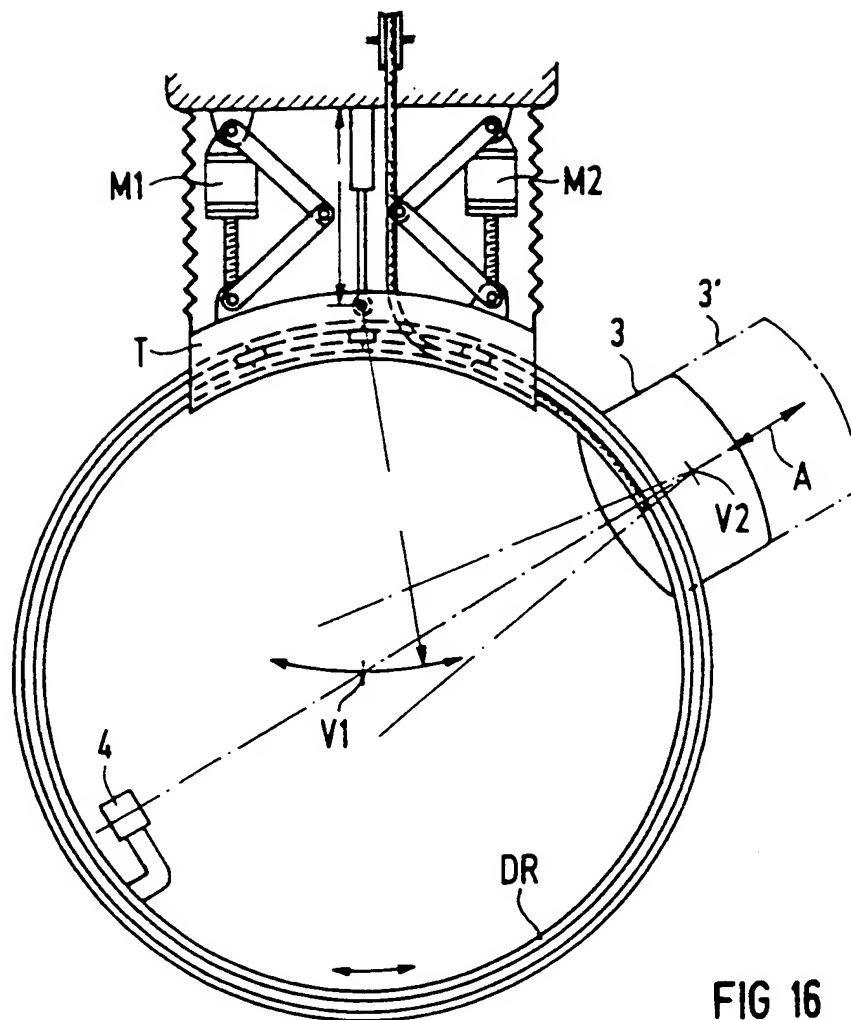


FIG 16

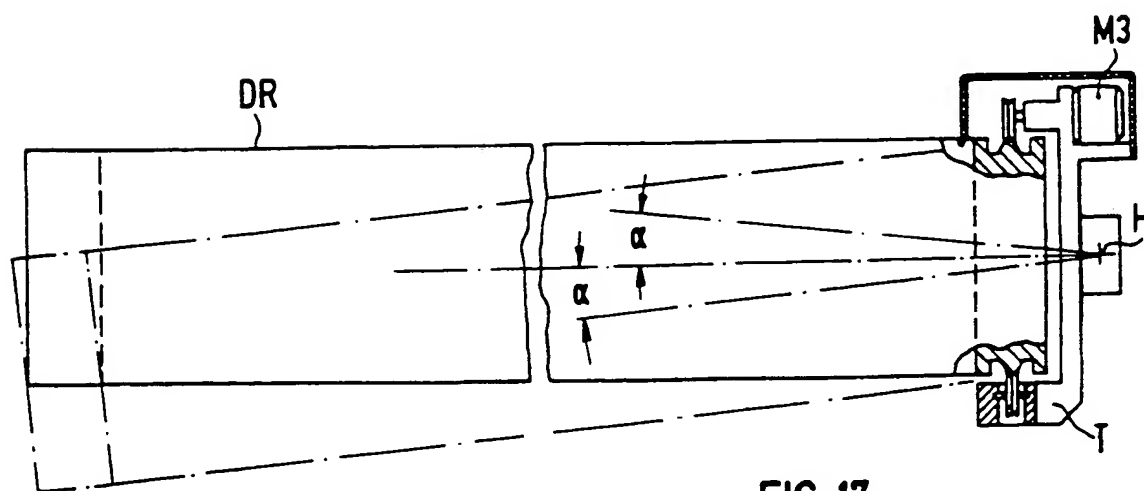


FIG 17



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 94 10 9424

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
Y	EP-A-0 166 567 (PICKER INTERNATIONAL, INC.)	1, 5, 11, 12	A61B6/14 A61B6/00
A	* Seite 12, Zeile 9 - Seite 16, Zeile 1 * * Seite 20, Zeile 26 - Seite 23, Zeile 35; Abbildungen 1, 2, 5-10 * ---	2, 8-10	
Y	EP-A-0 279 293 (SIEMENS AG)	1, 5, 11, 12	
A	* Seite 2, Zeile 31 - Zeile 48; Abbildung 1 * ---	9	
A	US-A-5 214 686 (R.L. WEBBER) * Spalte 8, Zeile 15 - Spalte 10, Zeile 53; Abbildungen 4-8 * ---	1, 3, 9	
A	EP-A-0 035 307 (PHILIPS PATENTVERWALTUNG GMBH) * Seite 9, Zeile 7 - Seite 10, Zeile 1; Abbildungen 3-4 * ---	1, 3	
Y	EP-A-0 229 971 (SIEMENS AG)	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
A	* Seite 3, Zeile 10 - Seite 7, Zeile 29; Abbildungen 1-3 * ---	6, 7	A61B
A	EP-A-0 262 500 (SIEMENS AG) * Spalte 4, Zeile 28 - Spalte 7, Zeile 43; Abbildung 1 * ---	8	
A	DE-A-39 30 022 (K.K.MORITA SEISAKUSHO) * Spalte 2, Zeile 62 - Spalte 6, Zeile 59; Abbildungen 1-6 * -----	14-16	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchesort BERLIN		Abschlußdatum der Recherche 10. Oktober 1994	Prüfer Weihs, J
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

## EP 0 632,995 A1

1. Dental x-ray diagnostic device for preparing tomo-synthetic images of objects, particularly the skull of a patient, with the use of a panoramic imaging device with an x-ray emitter (3) and an [image] receiver unit (4) arranged diametrically opposite the x-ray emitter, preferably in the form of an electronic line-detector camera, hereby characterized by the fact that means are present, which permit a defined-level adjustment of the x-ray emitter (3) and the turning of vertical (V) and horizontal (H) axes in such a way that an object point (OP) is irradiated from several projection directions (P, P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, ...), preferably lying in different planes.

